

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

Image  
2834



**UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

JAN 02 2004

Examiner: P. Cuevas

Art Unit: 2834

In re:

Applicant: KOELLE, G., et al

Serial No.: 10/031,880

Filed: January 25, 2002

*ACM*

**NOTICE OF FILING OF PRIORITY DOCUMENT**

December 29, 2003

Honorable Commissioner of Patents  
and Trademarks  
Washington, D.C. 20231

Applicant submits herewith a copy of the Priority Document for the subject application. Since this is an Entry into the National Phase of a PCT Application, it is believed that a certified copy is not required.

Acknowledgement of receipt of the Priority Document is respectfully requested, so that the issue fee may be paid.

Respectfully submitted,

Michael J. Striker  
Attorney for Applicant  
Reg. No.: 27233  
103 East Neck Road  
Huntington, New York 11743

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. On 12/30/03

PCT/DE 01/01764

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PCT/DE011764



REC'D 11 JUL 2001

WIPO PCT

PRIORITY  
DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1 (a) OR (b)

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 100 27 859.0  
Anmelddetag: 06. Juni 2000  
Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH,  
Stuttgart/DE  
Bezeichnung: Verfahren zur Wirkungsgradsteigerung einer  
elektrischen Maschine  
IPC: H 02 P, H 02 M

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 07. Juni 2001  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

*Wehner*

*Wehner*

R 38223

Robert Bosch GmbH

5

06. Juni 2000

10

### **Verfahren zur Wirkungsgradsteigerung einer elektrischen Maschine**

15

#### Technisches Gebiet

20

Bei der Entwicklung von Kraftfahrzeugen mit niedrigerem Kraftstoffverbrauch ist das Augenmerk zunehmend auf den Anteil am Kraftstoffverbrauch gerichtet, den die elektrischen Komponenten in Kraftfahrzeugen verursachen. Für die Erzeugung von 100 W elektrischer Leistung wird von einem Mehrverbrauch in der Größenordnung von 0,1 bis 0,15 l Kraftstoff pro 100 km Fahrstrecke ausgegangen. Daraus ergibt sich die Anforderung an im Kraftfahrzeug eingesetzte elektrische Maschinen, wie beispielsweise einen Generator, zur Abgabe elektrischer Leistung mit optimalem Wirkungsgrad auszustatten.

25

#### Stand der Technik

30

Die Erzeugung elektrischer Leistung in Kraftfahrzeugen erfolgt heute üblicherweise durch Klauenpolgeneratoren. Diese Drehstrommaschinen sind mit dem Bordnetz, welches ein Gleichspannungsnetz ist, über eine passive Diodengleichrichterbrücke verbunden. Die Generatoren zur Erzeugung der elektrischen Energie in Kraftfahrzeugen sind so dimensioniert, daß sie bei Motorleerlauf bereits die zur Versorgung der elektrischen Komponenten benötigte elektrische Leistung liefern können.

Um die zu erwartende Steigerung der Anforderung an die Bereitstellung von elektrischer Leistung in Kraftfahrzeugen auch in Zukunft erfüllen zu können, können Drehstromgeneratoren, wie beispielsweise ein Klauenpolgenerator, mit Puls-Wechsel-Richtern ausgestattet werden. Durch diese Baukomponente lässt sich die Leistung des Drehstromgenerators, insbesondere in dessen unterem Drehzahlbereich, erheblich steigern.

- Die Drehstromgeneratoren werden heute üblicherweise so dimensioniert, daß sie zusammen mit den Diodengleichrichtern unterhalb der Leerlaufdrehzahl einer Verbrennungskraftmaschine bereits mit der Abgabe elektrischer Leistung beginnen. Die Drehzahl, bei der der Generator eine Klemmenspannung von 14 V bei voller Erregung erreicht, liegt in der Größenordnung von  $1000$  bis  $1200 \text{ min}^{-1}$ . Die Abgabeleistung erreicht im Leerlauf (etwa  $1800 \text{ min}^{-1}$  Generatordrehzahl) einen Tangentenpunkt der Leistungskurve. In diesem Betriebspunkt des Drehstromgenerators erreicht die Abgabe der elektrischen Leistung ca. 60 bis 70% ihres Maximalwertes. Der erwähnte Tangentenpunkt wird üblicherweise in den Motorleerlauf der Verbrennungskraftmaschine gelegt. Im Tangentenpunkt hat die elektrische Maschine ihren besten Wirkungsgrad.
- Der Maximalwert, der sich einstellenden Abgabe elektrischer Leistung wird bei einer Generatordrehzahl von etwa  $6000 \text{ min}^{-1}$  erreicht und steigt bei höheren Drehzahlen praktisch kaum mehr an.
- Zwar ergibt diese Dimensionierung einer im Generatorbetrieb arbeitenden elektrischen Maschine einen sehr guten Kompromiß aus Baugröße und der Forderung nach vollständiger Abdeckung der elektrischen Leistung bereits im Leerlauf der Verbrennungskraftmaschine in Kraftfahrzeugen, aber zur Abgabe maximaler elektrischer Leistung arbeitet die elektrische Maschine in einem sehr hohen Drehzahlbereich, nahe an ihrem Kurzschlußpunkt. Dadurch sind die sich einstellenden Ständerkupferverluste beträchtlich.

Darstellung der Erfindung

Der Betrieb eines elektrischen Generators mit zugeordnetem Puls-Wechselrichter gestattet es, die Ständerwindungszahl am Ständer des Generators nach 5 anderen Auslegungskriterien auszulegen als der Einsetzdrehzahl des Generators, an der die Abgabe elektrischer Leistung einsetzt. Mittels des der elektrischen Maschine zugeordneten Puls-Wechsel-Richters läßt sich im unteren Drehzahlbereich die Leistungsabgabe der elektrischen Maschine entlang der Momentengerade führen, unabhängig von der Windungszahl in der 10 Ständerwicklung des Generators. Durch den Betriebsmodus der elektrischen Maschine mit nachgeordnetem Puls-Wechsel-Richter läßt sich die Einsetzdrehzahl, bei der die elektrische Maschine elektrische Leistung abgibt, so weit absenken, daß bereits im Leerlaufbetrieb einer Verbrennungskraftmaschine genügend elektrische Leistung abgegeben werden kann. Auch bei kleinen 15 Drehzahlen der Verbrennungskraftmaschine steht durch den Betrieb der elektrischen Maschine mit Puls-Wechsel-Richter bereits dann genügend elektrische Leistung zur Verfügung. Man ist nicht mehr daran gebunden, daß die Klemmenspannung der Maschine die Netzspannung überschreitet.

20 Wird der Puls-Wechsel-Richter mit einer elektrischen Maschine betrieben, deren Ständerwicklung eine geringere Windungsanzahl aufweist, lassen sich im oberen Drehzahlbereich die nachfolgend aufgeführten Vorteile erzielen:

Einerseits läßt sich im oberen Drehzahlbereich entweder die Leistung der 25 elektrischen Maschine steigern oder deren Wirkungsgrad signifikant erhöhen. Bei elektrischen Maschinen mit kleiner Windungsanzahl läßt sich, verglichen mit elektrischen Maschinen mit größerer Windungsanzahl – bei gleicher elektrischer Leistung – bei der elektrischen Maschine mit einer geringeren Ständerwindungszahl eine niedrigere Nutendurchflutung erzielen. Unter Annahme 30 eines Nutenfüllungsgrades, der bei der elektrischen Maschine mit höherer Windungsanzahl und bei der elektrischen Maschine mit geringerer Windungsanzahl gleich ist, stellen sich bei den elektrischen Maschinen mit

geringerer Windungsanzahl deutlich geringere Verluste im Wicklungskupfer ein. Ferner lassen sich ebenfalls die im Eisen einstellenden Verluste, die durch die Nutendurchflutung verursacht werden, verringern (Oberwellenverluste). Die Maschinenentwicklung der elektrischen Maschine lässt sich somit auf minimale  
5 Gesamtverluste in einem Fahrzyklus dimensionieren.

Mit der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung, eine elektrische Maschine mit kleiner Windungsanzahl mit einem Puls-Wechsel-Richter zu betreiben, lässt sich die Leistungsfähigkeit dieser elektrischen Maschinen im oberen Drehzahlbereich  
10 voll ausschöpfen. Damit steht eine Leistungsreserve hinsichtlich der Bereitstellung elektrischer Leistung zur Verfügung.

#### Zeichnung

15 Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend näher erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Konfiguration einer elektrischen Maschine mit  
20 nachgeordnetem Puls-Wechsel-Richter.

Fig. 2 die Regelbereiche der elektrischen Maschine, begrenzt durch Verlauf von Leistungsgrenze, Leistungsfaktor  $\cos \varphi$  sowie Spannungsgrenze und

25 Fig. 3 die Verläufe der Leistungskurven für elektrische Maschinen mit unterschiedlicher Windungsanzahl, aufgetragen über der Drehzahl.

#### Ausführungsvarianten

30 Fig. 1 zeigt in schematischer Konfiguration eine elektrische Maschine mit nachgeordnetem Puls-Wechsel-Richter.

Eine elektrische Maschine 1 umfaßt eine Erregerwicklung 2, in der ein Erregerstrom 3 fließt, auch mit  $i_F$  bezeichnet. Ferner eine Ständerwicklung 4, die – je nach Auslegung der elektrischen Maschine 1 – mehr oder weniger Wicklungswindungen  $w_1$  oder  $w_2$  aufweisen kann. Die Ständerwicklung 4 der im 5 Generatorbetrieb betreibbaren elektrischen Maschine 1 ist über ihre Klemmenanschlüsse 5 mit einer Umrichterbrücke 6 verbunden. Die Umrichterbrücke 6 – ausgelegt als ein Puls-Wechsel-Richter – enthält eine Anzahl Schalter, die hier als Feldeffekttransistoren mit Rückwärtsdioden dargestellt sind, 7, 8 sowie einen Kondensator 9. Über den Puls-Wechsel-Richter 6 kann die 10 Spannungsdifferenz zwischen den Maschinenklemmen 5 und der Spannung  $u_{netz}$  im Bordnetz eines Kraftfahrzeuges ausgeglichen werden. Die Last 11, die die elektrischen Verbraucher des Bordnetzes eines Kraftfahrzeuges darstellen, ist über einen verstellbaren ohmschen Widerstand angedeutet.

- 15 Fig.2 zeigt die Regelbereiche einer elektrischen Maschine 1, die jeweils durch den Verlauf von Leistungsgrenze, Spannungsgrenze sowie den Verlauf des Leistungsfaktors  $\cos \varphi$  begrenzt sind.

Der mit I bezeichnete Regelbereich einer elektrischen Maschine 1 wird einerseits 20 durch die Spannungsgrenze 16 sowie andererseits durch einen Abschnitt der Momentengeraden 29 bestimmt. In diesem Regelbereich erreicht die Klemmenspannung der elektrischen Maschine 1 noch nicht die maximal mögliche Ausgangsspannung des Umrichters 6. Der maximale Wirkungsgrad der Maschine wird erreicht, wenn im Ständer 4 bei konstanter Leistungabgabe der minimale 25 Strom fließt. Wird die magnetische Einachsigkeit eines Klauenpolgenerators zunächst vernachlässigt, ist dies dann erreicht, wenn in der Ständerwicklung ein reiner Querstrom fließt und der Längstrom zu null wird. Im Regelbereich I ist der Umrichter 6 noch nicht an seiner Spannungsgrenze angelangt und er kann den gewünschten Ständerstrom einstellen. Der Erregerstrom 3 wird auf seinen 30 maximalen Wert eingestellt, so daß für die geforderte Leistung ein Minimum an Ständerstrom in der Ständerwicklung erforderlich ist. Die Verluste in der Ständerwicklung 4 überschreiten bei weitem die Erregerverluste, so daß es

günstig ist, den Erregerstrom 3 auf den Maximalwert zu steigern und den Ständerstrom zu minimieren, um den Wirkungsgrad zu optimieren. Das maximale Drehmoment der elektrischen Maschine 1 ist durch den maximalen Ständerstrom beschränkt, die abgegebene elektrische Leistung 12 der elektrischen Maschine 1 nimmt linear mit der Drehzahl 13 zu.

Der in Figur 2 dargestellte Regelbereich II einer elektrischen Maschine wird nach oben durch den Verlauf der Leistungsgrenze und nach unten durch den Verlauf des Leistungsfaktors  $\cos \varphi$ , Bezugszeichen 15, begrenzt. Der Regelbereich II entspricht dem Feldschwächbereich und wird erreicht, wenn die Maschinenspannung der elektrischen Maschine 1 die Deckenspannung des Umrichters 6 erreicht hat. Der Umrichter 6 kann die Spannung dann nicht mehr weiter steigern. Durch einen sich einstellenden Längsstrom in der elektrischen Maschine 1 wird ein Feldschwächbereich realisiert. Der Erregerstrom  $i_F$  in der Erregerentwicklung 2 der elektrischen Maschine 1 bleibt auf seinen Maximalwert eingestellt, um einen minimalen Ständerstrom in der Ständerwicklung 4 zu realisieren, so daß die sich dort einstellenden Verlust minimiert sind.

Der Regelbereich III gemäß Figur 2 ist durch den Verlauf des Leistungsfaktor  $\cos \varphi$ , Bezugszeichen 15, sowie den Verlauf der Drehzahlachse 13 beschränkt. Wenn der Längsstrom in der elektrischen Maschine 1 einen Wert erreicht, bei dem der Leistungsfaktor  $\cos \varphi$  der elektrischen Maschine 1 den Wert  $\cos \varphi = -1$  erreicht hat, ist eine Änderung der Regelstruktur günstig. Der Regelbereich II der elektrischen Maschine 1 könnte zwar durchaus weiter zu höheren Drehzahlen durchfahren werden, jedoch wird ein besserer Wirkungsgrad dann erzielt, wenn der Erregerstrom der elektrischen Maschine 1,  $i_F$  reduziert wird.

Unter der Randbedingung einer konstanten Klemmenspannung an der elektrischen Maschine erreicht der Wirkungsgrad ein Maximum, wenn der Leistungsfaktor 15 den Wert 1 (oder auch -1) erreicht. Strom und Spannung sind dann in Phase und für den Fall konstanter Netzspannung (d. h. Dachspannung des Umrichters) ist der Strangstrom dann am geringsten und somit auch die sich dort einstellenden

Verluste. Dieser Betriebszustand entspricht einer im Generatorbetrieb betriebenen elektrischen Maschine 1 mit einer nachgeordneten Diodenbrücke. Die Regelung der abgegebenen elektrischen Leistung 12 erfolgt über die Regelung des Erregerstromes 3. Die Randbedingung einer maximalen Klemmenspannung bei  
5  $\cos \varphi = -1$  wird durch die Gleichrichterbrücke erfüllt.

Fig. 3 zeigt den Verlauf der Leistungskurven für elektrische Maschinen, mit unterschiedlicher Windungszahl  $w_1$  bzw.  $w_2$ , jeweils aufgetragen über den Drehzahlen von der Verbrennungskraftmaschine bzw. der im Generatorbetrieb  
10 betreibbaren elektrischen Maschine.

Auf der Drehzahlverläufe repräsentierenden Achse 13 sind zwei Drehzahlwerte 25.1, die einer ersten Einsetzdrehzahl im Diodenbetrieb einer elektrischen Maschine 1 mit einer Windungszahl  $w_1$  entspricht sowie eine zweite  
15 Einsetzdrehzahl 25.2 für eine zweite elektrische Maschine mit einer zweiten Drehzahl  $w_2$  eingetragen. Mit Bezugszeichen 20 ist eine Einsetzdrehzahl die für beide Generatormauslegungen (Windungszahl  $w_1$  und Windungszahl  $w_2$ ) mit einem Puls-Wechsel-Richter gilt, aufgetragen. Für die an einem Puls-Wechsel-Richter 6  
20 betreibbaren beiden elektrischen Maschinen 1, die im Diagramm gemäß Fig. 3 mit unterschiedlichen Windungszahlen für die Ständerwicklung 4 einander gegenübergestellt sind, ergeben sich unterschiedliche Verläufe in der Abgabe 12 elektrischer Leistung.

In der Nähe des Ursprungs des aus den Achsen 12 und 13 bestehenden  
25 Koordinatensystems, nämlich bei 20, hat die Momentengerade 29 ihren Ursprung, die einen linearen Zusammenhang zwischen Drehzahl und abgegebener elektrischer Leistung wiedergibt. Die Momentengerade 29 verläuft für einen niedrigen Drehzahlbereich identisch zum Verlauf der Leistungsgrenze 14, welche bei höheren Drehzahlen als Asymptote verlaufend, vom Verlauf der  
30 Momentengerade 29 abweicht.

Der mit Bezugszeichen 23 bezeichnete Kurvenzug repräsentiert den Verlauf der Leistungsabgabe einer elektrischen Maschine 1 mit einer höheren Windungsanzahl  $w_1$ , während der in gestrichelter Darstellung wiedergegebene Kurvenzug 24 den Verlauf der Leistungsabgabe einer elektrischen Maschine 1 mit einer im Vergleich zu  $w_1$  niedrigeren Windungsanzahl  $w_2$  repräsentiert. Mit Bezugszeichen 22 ist der Verlauf der Leistungsabgabe einer elektrischen Maschine 1 im Diodenbetrieb dargestellt. Aus dem Verlauf der Kennlinie im Diodenbetrieb der elektrischen Maschine 1 geht hervor, daß die Abgabe elektrischer Leistung im Bereich der Leerlaufdrehzahl einer Verbrennungskraftmaschine drastisch abnimmt, so daß der Einsatz eines eine solche Kennlinie aufweisenden Generators im Kraftfahrzeug nicht möglich ist.

Demgegenüber ist aus dem Diagramm gemäß Fig. 3 entnehmbar, daß der Verlauf der Abgabe der elektrischen Leistung 12 gemäß des Kurvenzuges 23, welcher die Leistungsabgabe bei Betrieb einer elektrischen Maschine 1 mit einem Puls-Wechsel-Richter darstellt, auch im Leerlaufbereich bis nahe an den Ursprung des Diagramms bis zur Einsetzdrehzahl 20 die Zuordnung eines Puls-Wechselrichters zu einer elektrischen Maschine 1 eine ausreichende, dem Momentenverlauf 29 entsprechende Leistungsabgabe 12 einer elektrischen Maschine 1 gestattet. In diesem Bereich kann durch die Umrichterbrücke 6 die Abgabe der elektrischen Leistung unabhängig von der Windungsanzahl  $w_1$  bzw.  $w_2$ , d. h. unabhängig vom weiteren Verlauf der Kurvenzüge 23 bzw. 24, gehalten werden, die für größere Drehzahlen beträchtlich voneinander abweichen.

Für die gemäß der Darstellung in Fig. 3 dargestellten kleineren Drehzahlen, beispielsweise zwischen den Drehzahlen 20 und 25.2 muß der Puls-Wechselrichter 6 einen den Windungszahlen  $w_1$  bzw.  $w_2$  der Ständerwicklung 4 umgekehrt proportionalen Maschinenstrom verarbeiten können. Dies bedeutet, daß bei Ständerwicklungen 4 mit einer kleineren Windungsanzahl  $w_2$  ein größerer Puls-Wechsel-Richter 6 erforderlich ist. Die Nutdurchflutung der elektrischen Maschinen 1 ist bei beiden Wicklungen unterschiedlicher Windungszahlen  $w_1$  bzw.  $w_2$  identisch.

- Aus der Gegenüberstellung der Leistungsgrenzen 23 bzw. 24 für elektrische Maschinen 1 mit unterschiedlichen Ständerwindungsanzahlen  $w_1$  bzw.  $w_2$  lässt sich folgendes entnehmen: Zum einen liegt die Einsetzdrehzahl einer elektrischen
- 5 Maschine 1 im Generatorbetrieb mit einer niedrigen Ständerwindungsanzahl  $w_2$  am Diodengleichrichter 25.2 recht hoch, verglichen mit der Einsetzdrehzahl einer elektrischen Maschine für Generatorbetrieb mit einer Einsetzdrehzahl 25.1. Andererseits ist die Leistungsabgabe  $P_{max}$ , bezeichnet mit Bezugszeichen 26, für eine elektrische Maschine mit kleinerer Windungsanzahl  $w_2$  wesentlich höher als
- 10 für eine elektrische Maschine 1, deren Ständerwicklung 4 eine höhere Windungsanzahl  $w_1$  aufweist. Die Leistungsabgabe 27  $P_{max}, w_1 < w_2$  liegt für höhere Drehzahlen wesentlich geringer, verglichen mit dem Maximum 26  $P_{max}, w_2$  einer elektrischen Maschine 1 mit einer Ständerwicklung 4 mit weniger Windungen  $w_2$ .
- 15 Im oberen Drehzahlbereich wird daher eine elektrische Maschine 1 im Generatorbetrieb mit kleinerer Ständerwindungsanzahl  $w_2$  hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit nicht vollständig ausgenutzt. Sie muß nur den Leistungsbedarf des Bordnetzes eines Kraftfahrzeuges decken. Aufgrund der niedrigeren Windungsanzahl der Ständerwicklung 4 ist die Nutendurchflutung in einer
- 20 solchen elektrischen Maschine 1 und somit die sich einstellenden Ständerkupferverluste deutlich geringer als bei einer elektrischen Maschine 1 mit einer Windungsanzahl  $w_1$ . Bei der elektrischen Maschine 1 mit einer geringeren Ständerwindungsanzahl stellt sich ein entsprechend größerer magnetischer Fluß ein. Dieser Fluß führt zu größeren Verlusten im Eisenbereich der elektrischen
- 25 Maschine 1. Bei den heutigen Klauenpolmaschinen überwiegen jedoch die stromabhängigen Kupferverluste in der Ständerwicklung sowie die Oberwellenverluste in der Maschine die erwähnten Verluste aus dem magnetischen Grundwellenfeld.
- 30 Durch den Betrieb einer elektrischen Maschine 1 im Generatormodus kann durch Betrieb dieser elektrischen Maschine mit einem Puls-Wechsel-Richter 6 die Windungszahl der Ständerwicklung freier gewählt werden. Der Umrichter 6 in

Gestalt eines Puls-Wechsel-Richters ermöglicht im unteren Drehzahlbereich immer die Leistungsabgabe 12 entlang der Momentengerade 29. Dies ist unabhängig von der jeweiligen gewählten Windungszahl  $w_1$  bzw.  $w_2$  der elektrischen Maschine 1. Es sind dann Ströme im Puls-Wechsel-Richter zu verarbeiten, die sich umgekehrt proportional zur Windungsanzahl verhalten.

Im oberen Drehzahlbereich, d. h. in einem Drehzahlbereich oberhalb der Einsetzdrehzahl 25.2 auf der Drehzahlachse 13 gemäß der Darstellung in Fig. 3 lässt sich durch eine kleinere Windungszahl  $w_2$  entweder die Leistungsabgabe 10 12 der elektrischen Maschine steigern oder aber ihr Wirkungsgrad erheblich verbessern. Im oberen Drehzahlbereich ergeben sich bei Einsatz einer Ständerwicklung mit einer kleineren Windungszahl  $w_2$  entsprechend geringere Nutdurchflutungen. Vorausgesetzt, es ist dieselbe Nutfüllung wie bei einer elektrischen Maschine 1 mit einer größeren Windungszahl  $w_1$  gegeben, ergeben 15 sich somit deutlich kleinere Verluste im Wicklungskupfer. Ferner reduzieren sich die Eisenverluste, die durch die Nutdurchflutung verursacht werden. Damit lässt sich eine solche Art gestaltete Maschinenwicklung mit weniger Windungen auf minimale Gesamtverluste in einem Fahrzyklus dimensionieren. Eine Reduktion der Windungszahl an einer elektrischen Maschine 1, die im Generatormodus 20 betrieben wird, führt demnach zu einem besseren Wirkungsgrad im Gesamtsystem, wobei jedoch beachtlich ist, daß Feldeffekttransistoren stärker ausgelegt werden müssen, die sich jedoch durch eine stärkere Auslegung auch entsprechend leichter regeln lassen.

Bezugszeichenliste

- 1 elektrische Maschine
- 2 Erregerwicklung
- 5 3 Erregerstrom  $i_F$
- 4 Ständerwicklung
- 5 Klemmenanschlüsse
- 6 Umrichter
- 7 Dioden
- 10 8 Schaltventile
- 9 Kapazität
- 10 Netzspannung
- 11 Last
- 12 abgegebene elektrische Leistung
- 15 13 Drehzahl
- 14 Verlauf Leistungsgrenze
- 15 Verlauf Leistungsfaktor für  $\cos \varphi = 1$
- 16 Spannungsgrenze
- 17 Regelbereich I
- 20 18 Regelbereich II
- 19 Regelbereich III
- 20 Leerlaufdrehzahl
- 21 Leistungskurve größere Windungsanzahl  $w_1$
- 22 Betrieb mit Diodenbrücke
- 25 23 Leistungsgrenze Umrichterbetrieb
- 24 Leistungskurve kleinere Windungsanzahl  $w_2$
- 25.1 Einsetzdrehzahl  $n_{w1}$
- 25.2 Einsetzdrehzahl  $n_{w2}$
- 26 Maximalleistung bei  $w_2$
- 30 27 Maximalleistung bei  $w_1$
- 28 Leistungsreserve
- 29 Momentengerade

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer elektrischen Maschine (1) zur Abgabe elektrischer Leistung (12), eine Erregerwicklung (2) sowie eine Ständerwicklung (4) enthaltend, denen eine Umrichteranordnung (6) nachgeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich einer Leerlaufdrehzahl einer Verbrennungskraftmaschine die Abgabe elektrischer Leistung (12) entlang der Momentengerade (29) unabhängig von der Windungsanzahl  $w_1, w_2$  erfolgt und im oberen Drehzahlbereich jenseits der Leerlaufdrehzahl einer Verbrennungskraftmaschine die Abgabe elektrischer Leistung (12) über eine elektrische Maschine (1) mit einer Ständerwicklung (4) mit kleiner Windungsanzahl  $w_2$  erfolgt.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mittels eines Puls-Wechsel-Richters (6) die Spannungsdifferenz zwischen Bordnetz (10) des Kraftfahrzeuges und den Maschinenklemmen (5) ausgeglichen wird.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Leerlaufdrehzahlbereich einer Verbrennungskraftmaschine die Leistungsabgabe (12) der elektrischen Maschine (1) über die Puls-Wechsel-Richter-Anordnung (6) erfolgt.
4. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Puls-Wechsel-Richter (6) einen der Windungsanzahl der Ständerwicklung (4) der elektrischen Maschine (1) umgekehrt proportionalen Strom verarbeitet.
5. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abgabe elektrischer Leistung (12) oberhalb des Leerlaufdrehzahlreiches gemäß der Leistungskurve (24) einer elektrischen Maschine (1) mit kleiner Windungsanzahl  $w_2$  erfolgt.

6. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch den Betrieb der elektrischen Maschine (1) mit einem Puls-Wechsel-Richter (6) die Ständerwindungszahl unabhängig von der Einsetzdrehzahl (25.1, 25.2)  
5 gewählt werden kann.
7. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im unteren Drehzahlbereich die Abgabe elektrischer Leistung (12) bis fast zu seinem Maximalwert (27) gemäß der Momentengerade (29) über den Puls-Wechsel-  
10 Richter (6) erfolgt.
8. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der mittlere Wirkungsgrad der elektrischen Maschine (1) dadurch erhöht wird, daß die elektrische Maschine (1) mit kleinerer Windungszahl  $w_2$  ausgestattet wird.

Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betreiben einer elektrischen Maschine (1) zur Erzeugung elektrischer Leistung (13), eine Erregerwicklung (2) sowie eine Ständerwicklung (4) enthaltend. Der elektrischen Maschine (1) ist eine Umrichteranordnung (6) nachgeordnet, beispielsweise ein Puls-Wechsel-Richter. Im unteren Drehzahlbereich erfolgt die Abgabe elektrischer Leistung (12) entlang der Momentengeraden (29) unabhängig von der Windungsanzahl  $w_1$ ,  $w_2$  einer Ständerwicklung (4). Im oberen Drehzahlbereich erfolgt die Abgabe elektrischer Leistung (12) über eine Ständerwicklung (4) mit niedriger Windungsdrehzahl  $w_2$ .

(Fig. 3)

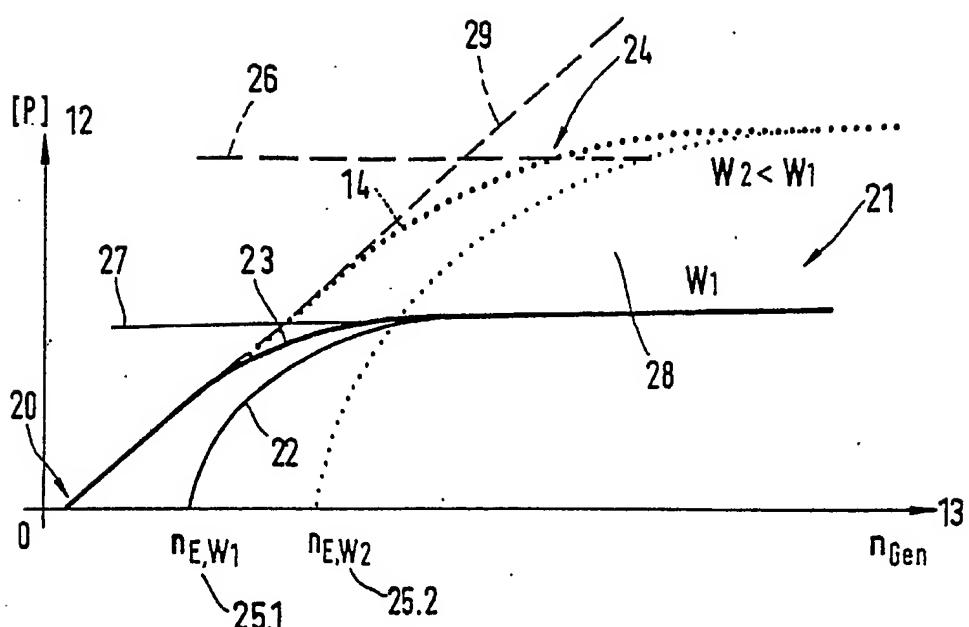


Fig.3

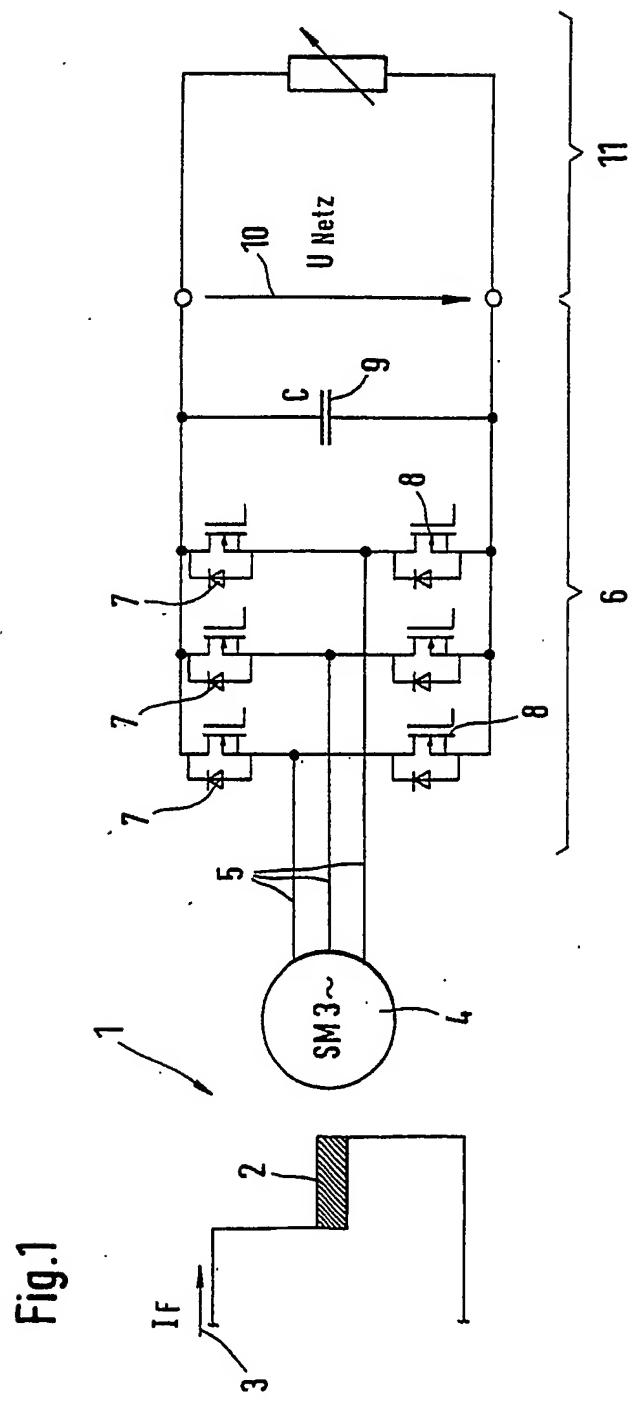
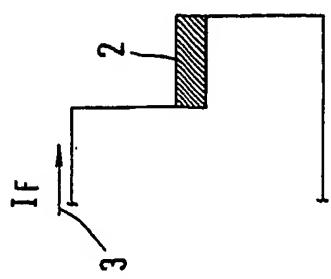


Fig.1



2/2

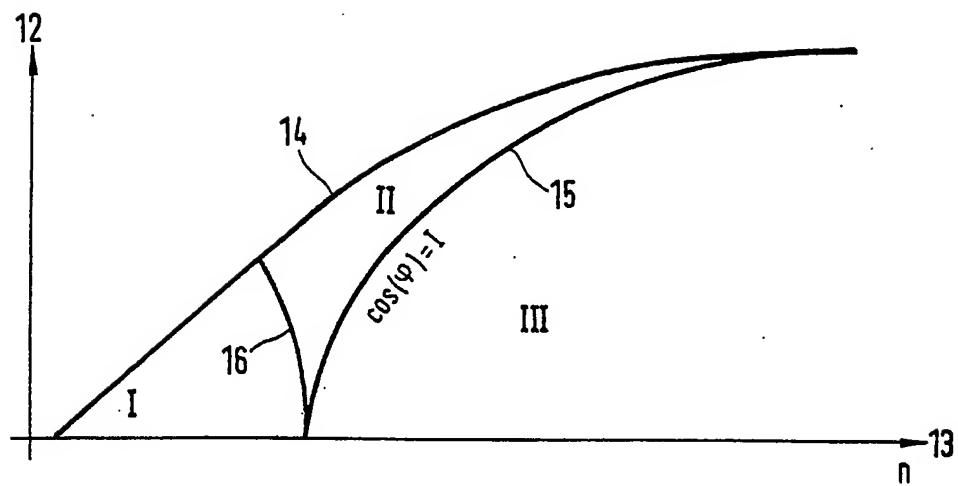


Fig. 2

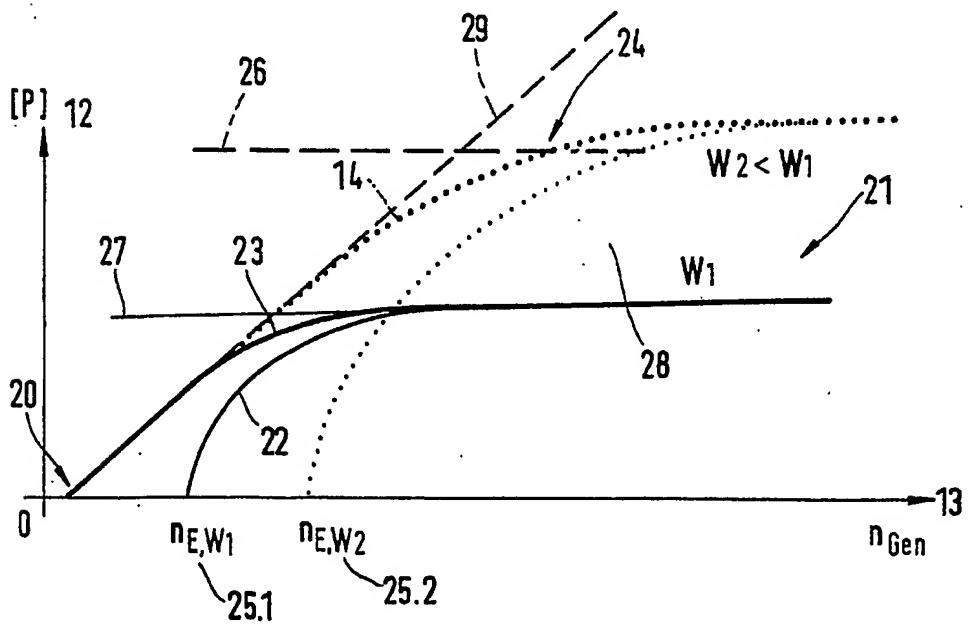


Fig. 3